

© EPDOC / EPO

PN - JP56111438 A 19810903  
PD - 1981-09-03  
PR - JP19800013626 19800208  
OPD - 1980-02-08  
TI - WHITEEXXRAYS STRESS MEASURING DEVICE  
AB - PURPOSE:To improve the stress measurement efficiency and measurement precision of a stress measuring device by constituting amplification and processing sytem in one system by using a couple of detectors formed from the same single crystal and having the same characteristics. CONSTITUTION:White X-rays radiated from white-X-rays source 2 strike sample 3 and are diffracted by sample 3. Those diffracted X-rays are detected by semiconductor detectors 4 and 5 made of the same single crystal. Their detection signals, after amplified by preamplifiers 6 and 7, are inputted to main amplifier 9 via the 1st multiplexer 8. The amplified signal is inputted to multichannel analyzer 11 for an energy analysis via the 2nd multiplexer synchronized with the 1st multiplexer 8. Analysis values of it are stored in memories 12 and 13 respectively and the stored values, when showing sufficient energy, are outputted to and analyzed by computer 14 to obtain the stress value of the sample. Thus, the efficiency and precision of the measurement can be improved.  
IN - HAYASHI MAKOTO; NEMOTO SADAO  
PA - HITACHI LTD  
EC - G01L1/25  
IC - G01L5/00

© PAJ / JPO

PN - JP56111438 A 19810903  
PD - 1981-09-03  
AP - JP19800013626 19800208  
IN - HAYASHI MAKOTO; others: 01  
PA - HITACHI LTD  
TI - WHITE-X-RAYS STRESS MEASURING DEVICE  
AB - PURPOSE:To improve the stress measurement efficiency and measurement precision of a stress measuring device by constituting amplification and processing sytem in one system by using a couple of detectors formed from the same single crystal and having the same characteristics.  
- CONSTITUTION:White X-rays radiated from white-X-rays source 2 strike sample 3 and are diffracted by sample 3. Those diffracted X-rays are detected by semiconductor detectors 4 and 5 made of the same single crystal. Their detection signals, after amplified by preamplifiers 6 and 7, are inputted to main amplifier 9 via the 1st multiplexer 8. The amplified signal is inputted to multichannel analyzer 11 for an energy analysis via the 2nd multiplexer synchronized with the 1st multiplexer 8. Analysis values of it are stored in memories 12 and 13 respectively and the stored values, when showing sufficient energy, are outputted to and analyzed by computer 14 to obtain the stress value of the sample. Thus, the efficiency and precision of the measurement can be improved.  
I - G01L5/00

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

⑬ 日本国特許庁 (JP)  
⑭ 公開特許公報 (A)

⑮ 特許出願公開  
昭56—111438

⑯ Int. Cl.<sup>3</sup>  
G 01 L 5/00

識別記号

庁内整理番号  
7409—2F

⑰ 公開 昭和56年(1981)9月3日

発明の数 2  
審査請求 未請求

(全 5 頁)

⑱ 白色X線応力測定装置

⑲ 特 願 昭55—13626

⑳ 出 願 昭55(1980)2月8日

㉑ 発 明 者 林真琴  
土浦市神立町502番地株式会社  
日立製作所機械研究所内

㉒ 発 明 者 根本貞夫

土浦市神立町502番地株式会社  
日立製作所機械研究所内

㉓ 出 願 人 株式会社日立製作所  
東京都千代田区丸の内1丁目5  
番1号

㉔ 代 理 人 弁理士 高橋明夫

明 細 書

発明の名称 白色X線応力測定装置

特許請求の範囲

1. 白色X線を照射した試料の異なる回折面からの回折X線のエネルギーピーク位置の差より上記試料の応力を測定する白色X線応力測定装置において、1つの白色X線源に対して等しい回折角となる方向に同一特性をもつ一对の半導体検出器を配置し、この一对の半導体検出器の信号をそれぞれの前置増幅器で増幅した後第1のマルチプレックスサを介して主増幅器に入力し、この主増幅器で増幅した信号を上記第1のマルチプレックスサと同期させた第2のマルチプレックスサを介してマルチチャンネルアナライザに入力してエネルギー分析を行つた後、このエネルギー分析値をそれぞれの記憶装置に記憶させて上記一对の半導体検出器よりのそれぞれの記憶値が十分なエネルギー強度となつたときは、上記一对の記憶装置の上記記憶値をコンピュータに出力して解析し、上記一对の半導体検出器で検出した

上記回折X線のエネルギーピーク位置を比較するとく構成したことを特徴とする白色X線応力測定装置。

2. 上記一对の半導体検出器が、一個の単結晶を用いて作成された検出器である特許請求の範囲第1項記載の白色X線応力測定装置。  
3. 白色X線を照射した試料の異なる回折面からの回折X線のエネルギーピーク位置の差より上記試料の応力を測定する白色X線応力測定装置において、1つの検出器に対して回折角が等しくなる方向に一对の白色X線源を設置すると共に、この一对の白色X線源より放射される上記白色X線を交互に遮断するシャッタを設け、上記検出器の信号を前置増幅器と主増幅器とによつて増幅した後上記シャッタに同期させたマルチプレックスサを介してマルチチャンネルアナライザに入力してそれぞれのエネルギー分析を行つた後、このエネルギー分析値をそれぞれの記憶装置に記憶させてそれぞれの記憶値が十分なエネルギー強度となつたときには、上記一对の記憶装置の記

憶値をコンピュータに出力して解析し、上記回折X線のエネルギーピーク位置を比較するとく構成したことを特徴とする白色X線応力測定装置。

4. 上記一対の白色X線源が、測定中は常時点灯させているX線源である特許請求の範囲第3項記載の白色X線応力測定装置。

#### 発明の詳細な説明

本発明は金属材料のひずみを非破壊的に検査する白色X線応力測定装置に関するものである。

従来の白色X線応力測定装置は、1個の白色X線源からの白色X線を試料面に照射し、試料面法線と回折面法線とのなす傾角 $\varphi$ が異なる場所からの回折線を回折角 $\theta$ が等しい方向に設置した一対の検出器で検出して増幅し比較測定していた。一般に増幅器の利得は精密に調整することができるが、白色X線応力測定装置においてはエネルギー校正を1万分の1以下の精度で行う必要があり、一対の検出器の特性を揃えることは困難である。例えば、検出器の温度による変動や増幅器を含めた

る方向に同一特性をもつ一対の半導体検出器を配置し、この一対の半導体検出器の信号をそれぞれの前置増幅器で増幅した後第1のマルチプレクサを介して主増幅器に入力し、この主増幅器で増幅した信号を上記第1のマルチプレクサと同期させた第2のマルチプレクサを介してマルチチャンネルアナライザに入力してエネルギー分析を行った後、このエネルギー分析値をそれぞれの記憶装置に記憶させて一対の半導体検出器よりのそれぞれの記憶値が十分なエネルギー強度となつたときは、一対の記憶装置の記憶値をコンピュータに出力して解析し、一対の半導体検出器で検出した回折X線のエネルギーピーク位置を比較するとく構成したことにある。

また、第2の特徴とするところは、1つの検出器に対して回折角が等しくなる方向に一対の白色X線源を設置すると共に、この一対の白色X線源より放射される白色X線を交互に遮断するシャッタを設け、検出器の信号を前置増幅器と主増幅器とによつて増幅した後シャッタに同期させたマル

時間的変動を除くことは極めて困難で、従来は高精度な測定結果を得ることはできなかった。

また、従来の装置として2個の白色X線源と1個の検出器を用いた白色X線応力測定装置も実用されている。これは2個の白色X線源に交互に高電圧を短時間に切換えて供給するX線放射時間制御装置を用いていたが、X線管に短時間で高電圧を負荷できるのは最大30KV程度であるので、測定に必要な強い白色X線は得られない。したがって測定精度も低かつた。なお、白色X線源には60KV以上の高電圧を負荷する必要がある。

このように従来の白色X線応力測定装置は、等しい特性のX線検出器を得ること、強力な白色X線を一対のX線源から交互に得ることが困難で、十分な測定精度が得られないという欠点をもつていた。

本発明は迅速かつ高精度に試料中の応力を測定することができる白色X線応力測定装置を提供することを目的とし、その第1の特徴とするところは、1つの白色X線源に対して等しい回折角とな

チプレクサを介してマルチチャンネルアナライザに入力してそれぞれのエネルギー分析を行った後、このエネルギー分析値をそれぞれの記憶装置に記憶させてそれぞれの記憶値が十分なエネルギー強度となつたときは、一対の記憶装置の記憶値をコンピュータに出力して解析し、回折X線のエネルギーピーク位置を比較するとく構成したことにある。

次に白色X線応力測定法の基本式を示す。

$$\lambda = 2d \sin \theta \quad \dots\dots\dots (1)$$

但し、 $\lambda$ はX線の波長(A)

$d$ は格子面間隔(A)

$\theta$ は回折角

であり、(1)式はブラッグ(Bragg)の回折条件式と呼ばれている。

$$\lambda = \frac{hc}{E_n} = \frac{12398}{E_n} \quad \dots\dots\dots (2)$$

但し、 $E_n$ はX線のエネルギー(keV)

$h$ はプランク定数

$c$ は光速

であり、(1)、(2)式から次式が得られる。

$$d = \frac{6.199}{E n \sin \theta} \quad \dots\dots\dots (3)$$

白色X線応力測定法は、回折角 $\theta$ を一定としエネルギー $E n$ を測定することにより格子面間隔、即ち回折面間隔 $d$ を測定し、試料の応力を知る方法である。

上記(3)式を微分すると、(3)'式が得られる。

$$\Delta d = - \frac{6.199}{E n^2 \cdot \sin \theta} \cdot \Delta E n \quad (3')$$

この(3)'式を(3)式で割ると(4)式が得られる。

$$\frac{\Delta d}{d} = - \frac{\Delta E n}{E n} \quad \dots\dots\dots (4)$$

即ち、 $\Delta d/d$ は試料のひずみであり、このひずみはエネルギー $E n$ の変化割合 $|\Delta E n/E n|$ に比例することを示している。

さて、弾性力学によれば、試料表面の法線方向の応力を零と見做すと、X方向の応力 $\sigma_x$ とX方向を含む試料面法線面内において試料面法線から $\varphi$ だけ傾斜した方向のひずみ $\epsilon_\varphi$ との関係は(5)式で示される。

$$\sigma_x = - \frac{E}{1+\nu} \frac{\partial \epsilon_\varphi}{\partial \sin^2 \varphi} \quad \dots\dots\dots (5)$$

但し、 $E$ と $\nu$ は弾性定数である。

即ち、(5)式より $\varphi$ の異なる方向のひずみ $\epsilon_\varphi$ を求めることにより応力 $\sigma_x$ が求められる。また、 $\epsilon_\varphi$ は次式で求められる。

$$\epsilon_\varphi = \frac{d_\varphi - d_0}{d_0} \quad \dots\dots\dots (6)$$

但し、 $d_\varphi$ は $\varphi$ 方向に法線をもつ回折面の面間隔  
 $d_0$ は無ひずみ状態における回折面間隔

である。(4)式を(6)式に代入し、更に(5)式に代入すれば(7)式が得られる。

$$\sigma_x = \frac{E}{1+\nu} \frac{1}{E n} \frac{\partial E n}{\partial \sin^2 \varphi} \quad \dots\dots\dots (7)$$

この(7)式は白色X線応力測定法の基本式であり、異なる $\varphi$ 角におけるエネルギーピーク位置を測定してエネルギー $E n$ と $\sin^2 \varphi$ との関係係図を描き、その勾配から応力 $\sigma_x$ が求められることを示している。したがって、白色X線源1個、検出器1個を用いた測定装置で異なる $\varphi$ 角の回折ピークを測定

する場合には、回折線ピーク位置の差 $\Delta E n$ を正確に求めることが肝要でエネルギー位置 $E n$ の絶対値そのものを正確に求める必要はない。

しかるに、白色X線源1個、検出器2個の場合は2個の検出器のエネルギー較正を極めて正確に行うことが必要となる。例えば炭素鋼の弾性定数は $E = 21000 \text{ kg/mm}^2$ 、 $\nu = 0.28$ であり、仮に回折エネルギー $10 \text{ keV}$ の回折面について $\varphi$ 角を $0^\circ$ と $45^\circ$ とに設定して応力測定する場合は、測定精度を特性X線応力測定法相当の $1 \text{ kg/mm}^2$ にしようとするれば(7)式より $\Delta E n$ は約 $0.3 \text{ eV}$ という小さい値となる。したがって2個の検出器のエネルギー較正を10万分の3以下の差にする必要がある。

現在市販されている純Ge検出器の分解能はFWHM(半値幅)で $145 \text{ eV}$ が最良であり、温度によるドリフトも約 $3 \times 10^{-4}/^\circ\text{C}$ である。一方、検出信号を増幅する増幅器の直線性は $\pm 0.05\%$ であり、安定性も $\pm 0.0075\%/^\circ\text{C}$ であり、10万分の3程度の精度を得るのは困難であ

る。即ち、従来の検出器2個を用いた白色X線応力測定装置では高精度の測定を行うことができなかった。本発明はこの点に着目し、同一半導体から製作された特性の等しい一対の半導体検出器を用いるか、或いは1個の検出器を用いるようにしている。

第1図は本発明の一実施例である白色X線応力測定装置の系統図である。高圧電源1によつて励起された白色X線源2から放射する白色X線は試料3を照射し、試料3によつて回折される。この回折X線は検出器4、5によつて検出されるが、この検出器4、5は温度特性や出力特性を等しくするために同一単結晶から作成された半導体検出器である。検出器4、5の検出信号は前置増幅器6、7でそれぞれ増幅された後、マルチプレクサ8を経て主増幅器9に入る。マルチプレクサ8では2個の検出器4、5からの信号を時間分割して主増幅器9に送り込んでいる。主増幅器9で増幅された信号は、マルチプレクサ8と同期して作動しているマルチプレクサ10を通りマル

マルチチャンネルアナライザ11に入る。ここでエネルギー分析された信号はマルチプレクサ10の指示により、検出器4からの信号が流れている場合はマルチチャンネルアナライザ11内のメモリ12に蓄えられ、検出器5からの信号が流れている場合はマルチチャンネルアナライザ11内に設けられたメモリ13に蓄えられる。

このようにして蓄えられた回折線のエネルギーピークが所定の値となつた時点で検出動作を止め、メモリ12、13内のデータをマイクロコンピュータ14に送り解析して試料の応力値を算出する。このようにすれば従来の白色X線源1個、検出器1個の場合のように、X線入射角を変更する必要がないので測定能率は向上する。

本実施例の白色X線応力測定装置は、1個の白色X線源から放射された異なる試料場所の回折X線を、同一単結晶から作成された物理的特性の等しい一対の半導体検出器で検出し、その検出信号を時分割処理してエネルギー分析を行うことによつて、白色X線源1個、検出器1個と同等の試料応

出され、単一の前置増幅器6、主増幅器9で増幅される。この信号はシャッタ17、18と同期して作動するマルチプレクサ10を通りマルチチャンネルアナライザ11でエネルギー分析される。この分析信号はマルチプレクサ10の指示により、白色X線源2からのX線が照射されている時はメモリ12にデータを蓄え、白色X線源16からのX線が照射されている時はメモリ13にデータを蓄える。このようにして蓄えたエネルギーピーク強度が所定値に達したときは、そのデータをマイクロコンピュータ14に送つて解析し試料の応力値を算出する。このようにすれば、従来の1個の白色X線源と1個の検出器を用いた場合のように、X線入射角を変更する必要がないので測定能率は向上する。

本実施例の白色X線応力測定装置は、2個の白色X線源から放射され異なる試料場所で回折し1個の検出器に入射する回折X線を交互に検出し、その検出信号を時分割処理してエネルギー分析を行うことによつて、1個の白色X線源と1個の検出

器を用いたと同等の試料応力測定精度が得られると共に、測定能率が向上するという効果をもっている。

第2図は本発明の他の実施例である白色X線応力測定装置の系統図で、第1図と同じ部分には同一符号を付してある。この場合は2個の白色X線源と1個の検出器を用いたもので、高圧電源1、15によつて励起させられた白色X線源2、16から放射された白色X線は、シャッタ17、18によつて交互に遮断され試料3を照射する。即ち、異なる方向から照射した白色X線は試料3の異なる場所から同一方向の回折X線を生じさせ、単一の検出器4によつて交互に検出している。このとき検出される回折X線の強度がほぼ等しくなるように高圧電源1、15を調節し、常時点灯させている。なお、シャッタ17、18はソレノイドを用いて往復運動させるか、円板に半円形の穴を設けたセクタをモータで回転させ、一方の放射口が開いている時は他方の放射口を必ず閉じるようにしている。

試料3で回折された一対のX線は検出器4で検

器を用いたと同等の試料応力測定精度が得られると共に、測定能率が向上するという効果をもっている。

上記実施例で説明したように、第1図の装置は同一単結晶から作成された一対の特性の等しい検出器を用い、増幅・処理系を1系統としている。また、第2図の装置はほぼ等しいX線強度の一対の白色X線源を用い1個の検出器の信号を時分割処理している。このようにすることによつて、白色X線源1個、検出器1個の場合のように、試料又は白色X線源と検出器とを同時に動かす必要がなく、測定操作は簡単となる。また、従来の白色X線源或いは検出器のいずれかを一対設けた場合に比べて、測定精度は大幅に向上している。

本発明の白色X線応力測定装置は、測定中に移動操作を行うことなく迅速高精度に試料中の応力を測定することができるという効果をもっている。

図面の簡単な説明

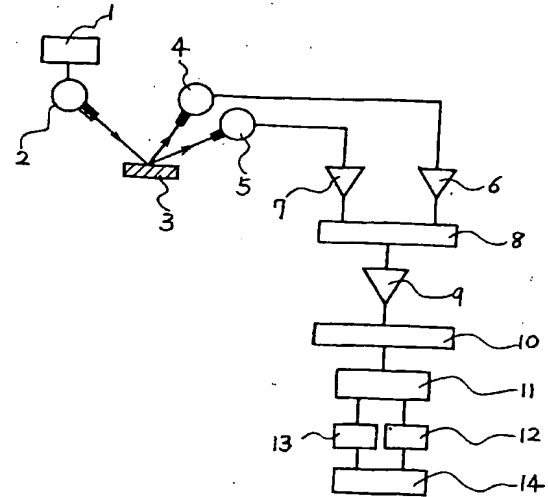
第1図は本発明の一実施例である白色X線応力測定装置の系統図、第2図は本発明の他の実施例

である白色X線応力測定装置の系統図である。

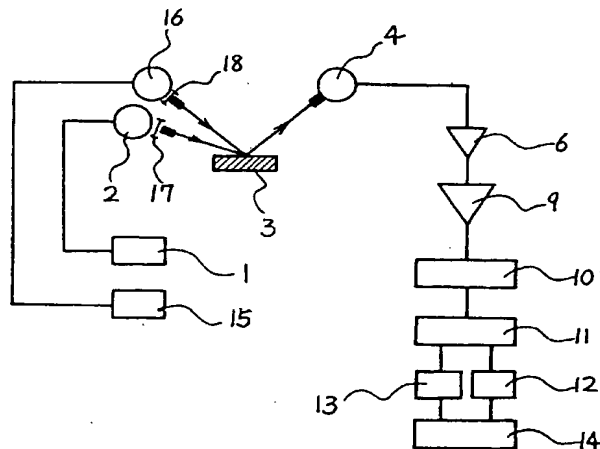
1, 15…高圧電源、2, 16…白色X線源、3  
…試料、4, 5…検出器、6, 7…前置増幅器、  
8, 10…マルチプレクサ、9…主増幅器、  
11…マルチチャンネルアナライザ、12, 13  
…メモリ、14…マイクロコンピュータ、17,  
18…シャッタ。

代理人 弁理士 高橋明夫

第1図



第2図



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**